

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004 年 4 月 1 日 (01.04.2004)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/026519 A1

- (51) 国際特許分類⁷: B23K 9/16, 9/23, 35/30
(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/011513
(22) 国際出願日: 2003 年 9 月 9 日 (09.09.2003)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ:
特願2002-262235 2002 年 9 月 9 日 (09.09.2002) JP
特願2002-262236 2002 年 9 月 9 日 (09.09.2002) JP
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 独立行政法人物質・材料研究機構 (NATIONAL INSTITUTE FOR MATERIALS SCIENCE) [JP/JP]; 〒305-0047 茨城県つくば市千現 1 丁目 2 番 1 号 Ibaraki (JP).
(72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 太田 昭彦

(OTA, Akihiko) [JP/JP]; 〒305-0047 茨城県つくば市千現 1 丁目 2 番 1 号 独立行政法人物質・材料研究機構内 Ibaraki (JP). 鈴木 直之 (SUZUKI, Naoyuki) [JP/JP]; 〒305-0047 茨城県つくば市千現 1 丁目 2 番 1 号 独立行政法人物質・材料研究機構内 Ibaraki (JP). 前田 芳夫 (MAEDA, Yoshio) [JP/JP]; 〒305-0047 茨城県つくば市千現 1 丁目 2 番 1 号 独立行政法人物質・材料研究機構内 Ibaraki (JP).

(74) 代理人: 西澤 利夫 (NISHIZAWA, Toshio); 〒107-0062 東京都港区南青山 6 丁目 1 番 1 号 スリーエフ南青山ビルディング 7F Tokyo (JP).

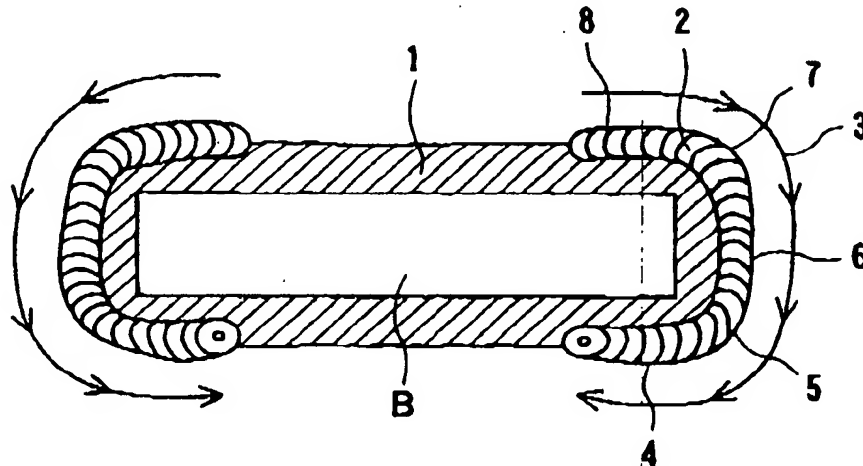
(81) 指定国 (国内): CN, KR, US.

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

(続案有)

(54) Title: WELDING METHOD USING WELDING MATERIAL OF LOW TRANSFORMATION TEMPERATURE

(54) 発明の名称: 低変態温度溶接材料を使用する溶接方法



(57) Abstract: An arc welding method using a welding material having a low transformation temperature, characterized in that it is carried out by the use of a shielding gas consisting of a rare gas alone or a mixed gas of a rare gas and a small amount of an oxygen gas; and a repair welding method using a welding material having a low transformation temperature, characterized in that it is carried out while moving a weld line in the form of a straight line. The former method allows the enhancement of a Charpy value in combination with improved fatigue strength, and the latter allows the experience of heat history of the material having a low transformation temperature to be suppressed, resulting in the prevention of weld crack in combination with an improved fatigue strength.

(57) 要約: 低変態温度溶接材料を使用するアーク溶接方法において、疲労強度とともにシャルピー値を高くするために、シールドガスとして希ガスのみ、または希ガスと少量の酸素ガスとの混合ガスを使用し、また、低変態温度溶接材料を使用する補強溶接において、疲労強度の向上とともに溶接割れを防ぐために、溶接線を直線状に移動させることによって低変態温度溶接材料への熱履歴を抑制して溶接する。



WO 2004/026519 A1



添付公開書類:

一 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語
のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

低変態温度溶接材料を使用する溶接方法

発明の属する技術分野

この出願の発明は低変態温度溶接材料を使用する溶接方法に関するものであり、さらに詳しくは第1には、溶接疲労強度とともにシャルピー値を高くすることができる低変態温度溶接材料を用いての溶接方法に関するものである。

また、この出願の発明は第2には、大きい溶接部疲労強度を必要とする溶接構造物の補強溶接において、低変態温度溶接材料を使用して溶接割れの発生を抑制する溶接方法に関するものである。

背景技術

従来の溶接方法は溶接後の冷却に伴う熱収縮によって溶接部に引張りの残留応力が誘起されて溶接部の疲労強度が低下して溶接割れ (Weld Crack) が生じるといった問題があった。そこで、この問題を解決するために、この出願の発明者らは溶接が完了する室温もしくは室温付近の温度でマルテンサイト変態膨張が終了する溶接材料と炭酸ガス含有シールドガスとを用いて被溶接金属にアーク溶接を行なう、いわゆる低変態温度溶接材料を使用する新しい「溶接方法」を提案した。

この方法はすでに特許登録されている (日本国特許第3010211号)。

しかしながら、提案されたこの新しい「溶接方法」によれば溶接疲労強度は著しく向上されるものの、シャルピー値 (衝撃強度値) が不足する場合があった。このため、その適用には制限があった。

そこで、この出願の発明は、低変態温度溶接材料を使用する溶接方法において、溶接疲労強度向上とともにシャルピー値を向上させることのできる改善された新しい溶接方法を提供することを課題としている。

また、この出願の発明者らが提案した、前記の低変態温度溶接材料を使用する溶接方法 (日本国特許第3010211号) によれば、溶接構造物の疲労強度は

著しく改善されるものの、この低変態温度溶接材料は、補強溶接によって溶接部近傍への圧縮残留応力の導入により疲労強度を向上させようとする場合、補強部位において、繰り返し高温加熱されると溶接割れ (Weld Crack) を生じることがあるという問題があった。

従来一般の溶接方法では繰り返し加熱されても溶接割れが発生しない溶接材料を使用していたため、溶接された後の溶接部の形状には注意が払われていたものの溶接材料の繰り返し加熱についてはほとんど関心が払われてこなかった。このため、溶接疲労強度を改善することを目的に低変態温度溶接材料を使用する場合でも、溶接方法は従来の溶接方法と同じく溶接部材に対して繰り返し加熱する方法がそのまま採用されることがある。このような場合、低変態温度溶接材料の使用によって、溶接疲労強度が向上することが期待されるにもかかわらず、溶接部に溶接割れが発生することにより、その効果を十分に発揮することができないという事態が生じる。

そこで、この出願の発明は、以上の事情に鑑みてなされたものであって、発明者らの提案により实际的に優れた効果が得られている低変態温度溶接材料の特徴を生かし、溶接割れの発生を抑制して溶接部の疲労強度を確実に向上することができる新しい補強溶接方法を提供することを課題としてもいる。

発明の開示

この出願の発明は、まず上記の溶接疲労強度とともにシャルピー値を向上させるとの課題を解決するためのものとして、第1には、低変態温度溶接材料を使用する溶接法であって、シールドガスとして希ガスのみを使用してアーク溶接することを特徴とする溶接方法を提供する。また、この出願の発明は、第2には、低変態温度溶接材料を使用する溶接法であって、シールドガスとして希ガスと酸素ガスの混合ガスを使用してアーク溶接することを特徴とする溶接方法を提供し、第3には、上記シールドガスとして体積比が8%以下の酸素ガスを含有することを特徴とする溶接方法を提供し、さらに、第4には、TIG溶接である溶接方法を提供する。

次いで、この出願の発明は、上記のとおり、補強溶接に際して、溶接割れの

発生を抑制して溶接部の疲労強度を確実に向上させるとの課題を解決するためのものとして、第5には、低変態温度溶接材料を使用する溶接方法であって、低変態温度溶接材料に溶接温度による熱履歴を回避しながら補強溶接する方法を提供する。また、第6には、低変態温度溶接材料を使用する溶接方法であって、水平附加構造物の端部溶接止端部の上側から側面を経由して下側を補強溶接する方法を、第7には、溶接線が直線状になるように移動させながら補強溶接する方法を、第8には、低変態温度溶接材料を使用するアーク溶接であることを特徴とする方法を提供する。

そして、第9には、このアーク補強溶接を、シールドガスとして希ガスのみを用いて行う方法を、第10には、シールドガスとして希ガスと酸素ガスとの混合ガスを用いて行う方法を、第11には、酸素ガスの体積比を8%以下とする方法を提供する。

図面の簡単な説明

図1は、この出願の発明による附加構造物を溶接した状態を示した断面図である。

図2は、この出願の発明による補強溶接経路を正面から見た模式図である。

図3は、従来法の附加構造物を溶接した状態を示した断面図である。

図4は、従来法の補強溶接経路を正面から見た模式図である。

図中の符号は次のものを示している。

- A 垂直構造物
- B 水平附加構造物
- 1 既溶接部材
- 2 補強溶接部材
- 3 補強溶接の溶接線
- 4 附加構造物の下側
- 5 附加構造物の下側端部
- 6 附加構造物の側面
- 7 附加構造物の上側端部

8 附加構造物の上側

9 溶接割れ

発明を実施するための最良の形態

以上のとおりのこの出願の発明は、発明者による鋭意検討の結果として得られた、予期できない、優れた作用効果の知見に基づいて完成されたものである。

すなわち、まず、溶接疲労強度とともにシャルピー値を向上させるための、低変態温度溶接材料を用いるこの出願の発明のアーク溶接方法について説明する。

従来、アーク溶接に使用されるシールドガスとしては、一般的にアルゴンガス、ヘリウムガス等の不活性ガスを使用するMIG溶接(Metal Inert-Gas 溶接)や二酸化炭素ガスを単独で使用したり、アルゴン、ヘリウム等の不活性ガスに酸素ガスや二酸化炭素ガスのような活性ガスを混合した混合ガスを使用するMAG溶接(Metal Active-Gas 溶接)が知られている。しかしながら、一般的には、従来では、安価で取り扱いが容易な二酸化炭素ガスがシールドガスとして最も普通に使用されている。

この出願の発明が依拠する先行発明である「溶接方法」(日本国特許第3010211号)においてもシールドガスとしては、二酸化炭素ガスまたは二酸化炭素ガスと他のガスとの混合ガスが使用されている。

だが、この低変態温度溶接材料を使用するアーク溶接においては、発明者らはその組成や溶接温度等条件を変更して検討を重ねたが、高い溶接疲労強度とともに溶接金属のシャルピー値を向上させることは困難であった。

ところが、検討を重ねる過程で、シールドガスとして二酸化炭素ガスに代えてアルゴンガスまたはヘリウムガス、それらの混合ガス等の希ガス、もしくは希ガスと酸素ガスの混合ガスを使用する場合には溶接金属のシャルピー値を向上させることができ、しかも疲労強度を良好なものとすることが見出された。このようなことは全く予想外のことであって、従来の知識、経験からは全く予期できないことであった。

なお、ここで希ガス、そしてこれに混合される酸素ガスについては、その各

々に不可避免的に含まれる不純物成分の存在が許容されることは言うまでもない。

そして、この出願の発明の希ガスのみ、もしくは希ガスと酸素ガスとの混合ガスをシールドガスとする、低変態温度溶接材料を用いる方法では、アーク溶接として一般的なガスメタルアーク溶接法 (Gas Metal Arc Welding) が使用できることはもちろんであるが、タングステンを電極として使用し、このタングステン電極と母材との間に発生するアークの周囲を不活性ガスでシールドして、別途供給される溶加材をアーク熱で溶融して母材に投与する、いわゆる T I G 溶接法 (Tungsten Inert-Gas welding 法) も使用可能で、好適なものとして考慮される。

希ガスに混合される酸素ガスについては、その混合割合は体積比で 10 % 以下が好ましく、さらには 8 % 以下がより好ましい。酸化ガスの添加は、アークの安定性向上のために有効である。

この出願の発明によれば、希ガス単独または希ガスに少量の酸素ガスを混合したシールドガスを使用するという簡便な手法で疲労強度とともに溶接金属のシャルピー値を高めることができたため、従来その使用用途が制限されていた適用範囲の拡大が可能になったのである。

たとえば、先行の「溶接方法」(特許第 3 0 1 0 2 1 1 号) により低変態温度溶接材料と二酸化炭素を主成分とするシールドガスを使用する溶接方法では溶接金属のシャルピー値が 2 4 J であったものが、この出願の発明の一形態である 9 8 % アルゴンと 2 % 酸素の混合ガスからなるシールドガスを用いて溶接した場合、得られる溶接金属のシャルピー値は 5 4 J に向上することが確認されている。また、同じシールドガスを使用して T I G 溶接 (Tungsten Inert-Gas welding 法) を行なった場合は 7 2 J になることが確認されている。

なお、この出願の発明において使用されている「低変態温度溶接材料」については、発明者により提案されている先行発明 (日本国特許第 3 0 1 0 2 1 1 号) に規定された各種組成のものを用いることができる。後述の補強溶接の場合も同様である。

すなわち、溶接材料には、溶接が完了する室温もしくはその付近でマルテンサイト変態膨脹が終了するものを用いる。このような溶接材料としては、N i およ

びC rとを含有する合金材料がより適当なものとして例示される。一般的には、化学組成（重量％）として、N i：2～20％、C r：2～20、そしてC（炭素）：0.5以下、S i：0.8以下、M n：2.0以下、M o：0.5以下のような鉄基合金であることが望ましい。

もちろん必要に応じて、0.5％以下のN b, T i, A l, W, T a, V, H f, Z r等を添加してもよい。ただし、N iおよびC rを除く、金属元素の総割合は、5.0％以下とすることが好ましい。

そこで以下に実施例を示し、さらに詳しくこの出願の発明について説明する。もちろん以下の例によって発明が限定されることない。

表1は溶接ワイヤーとして使用した低変態温度溶接材料の含有組成（F e以外の）を例示したものである。

表 1

種 類	C	S i	M n	P	S	N i	C r	M o
含有量 (wt%)	0.02	0.75	1.93	0.013	0.006	9.42	9.31	0.13

表2はシールドガスの組成と溶接条件を示した一覧表である。実験番号の1および2で示したものが表1の低変態温度溶接材料を用いた従来発明の方法であり、実験番号3および4で示したものが、この出願の発明の方法である。

従来方法としては二酸化炭素ガス100％からなるシールドガス（実験番号1）を使用するものとアルゴンガス80％と二酸化炭素ガス20％の混合ガス（実験番号2）からなる2種類のシールドガスを使用した。

また、この出願の発明のシールドガスとしてアルゴンガス98％と酸素ガス2％（実験番号3）からなるシールドガスを使用した。

さらに、T I G溶接への適応性を調べるためアルゴンガス100％（実験番号4）のシールドガスを使用した。

表 2

	溶 接 法	シールドガス	電 流 (A)	電 圧 (V)	溶接速度 (cm/min)	入 熱 (MJ/m)	備 考
1	GMA ^{※1}	100%CO ₂	350	34	130	5.5	従来発明の方法
2	MAG ^{※2}	80%Ar + 20%CO ₂	350	32	130	5.2	従来発明の方法
3	MAG	98%Ar + 2%O ₂	350	31	130	5.0	本発明の方法
4	TIG ^{※3}	100%Ar	350	13	55	5.0	本発明の方法

※1. 電極自身と同心のノズルから不活性ガスを流してアークを外気からシールドしながら溶接する方法

※2. GMA溶接法において不活性ガスに酸素や二酸化炭素ガスの活性ガスを混合させたシールドガスを使用する溶接方法

※3. 不活性ガス中でタングステン電極と母材との間にアークさせて母材と溶加材を溶融しながら溶接する方法

そして、このような溶接条件で溶接した後、溶接金属のシャルピー値を測定した結果を示したものが表3である。表3から明らかなように実験番号(1)および(2)で示される従来方法の溶接金属のシャルピー値はそれぞれ20(J)および24(J)であるのに対し、この出願の発明方法で溶接したもののシャルピー値は54(J)であり、溶接金属のシャルピー値は著しく向上している。なお、SM570Q鋼の19mm角棒T継手の疲労寿命を応力範囲350MPaで評価した結果は表3に示したとおりであった。

また、TIG溶接における溶接金属のシャルピー値は72(J)であり、この出願の発明はTIG溶接へ適用することが有効であることが確認された。

表 3

溶接条件	シャルピー値 (J)	応力範囲 350 MPa での疲労寿命 (日)	備 考
1	20	8.23×10^4	従来特許の方法
2	24	7.83×10^4	従来特許の方法
3	54	4.82×10^5	本発明の方法
4	72	3.02×10^5	本発明の方法

次に、この出願の発明の補強溶接の方法について説明する。この方法においてまずなによりも特徴的なことは、低変態温度溶接材料を使用して補強溶接を行う際に、低変態温度溶接材料に対して繰り返し加熱するような、いわゆる高温履歴を避けることである。

たとえば、従来の溶接方法では、垂直の構造体に水平方向の板状体を溶接する場合、溶落を防止し、溶接部の溶接形状を重視するために水平方向の板状体の下側から溶接を開始して溶接線を鉄道がスイッチバックするように左右に振りながら上昇させて板状体の上側まで溶接する方法が採用されてきた。このように従来の溶接方法では溶接線を左右に振りながら下側から上方に向かって順次溶接材を積み上げるようにして溶接するため、一旦冷却されかかった下側の溶接材がその上側を通る溶接線によって加熱が繰り返されていた。そして、従来の通常の溶接材料を使用する場合はこのような溶接方法で何ら問題はなかった。

しかしながら、溶接材料として低変態温度溶接材料を使用する場合にこのような従来の溶接方法をそのまま適用すると低変態温度溶接材料が繰り返し加熱を受けて溶接割れを生じやすく、本来の疲労強度を向上する効果を充分に実現できないことがある。

図3及び図4は、低変態温度溶接材料を使用するものの、従来の補強溶接方法で溶接する場合の態様を示したものである。図3は垂直構造物(A)に附加構造物(B)が溶接されている状態を示す側面図である。そして(1)は既溶接部材であり、(2)は補強溶接部材である。図4は図3の左側から見た時の模式図で

あり、水平附加構造物（B）の周囲は既溶接部材（1）で溶接されており、その既溶接部材（1）の周囲は低変態温度溶接材料からなる補強溶接部材（2）で被覆されている。

そして、図4に溶接の軌跡を示したように、従来の補強溶接方法では、まず水平附加構造物（B）の下側（4）を溶接した後、溶接線（3）を鉄道が急坂を登る時にスイッチバックするような経路で下方から上方へ移動しながら側面（6）を溶接して上側の端部（7）に達した後上側（8）を溶接している。

この従来の補強溶接方法では、溶接線（3）を左右に振りながら上昇する過程で、一旦冷却されかかった下側の溶接部材がその上側を通る溶接線（3）によって熱を繰り返し受けるため、このことが、補強溶接部に溶接割れ（9）が生じる原因となっていた。

そこで、この出願の発明では、溶接に際し熱履歴をなるべく受けないように、従来とは逆に、水平附加構造物（B）の溶接部の上側から溶接を開始して溶接線が直線状になるように下降させながら溶接し最後に下側を溶接することが実施のための最良の形態として示される。

上側から下側に向かって溶接するのは、低変態温度溶接材料の粘性が高く溶落しにくい性質を利用することと、この方が操作も簡便であり放熱効果も良好なためである。

図1及び図2はこの出願の発明による溶接方法を例示したものである。水平附加構造物（B）の周囲は既溶接部材（1）で溶接されており、その既溶接部材（1）の周囲は低変態温度溶接材料からなる補強溶接部材（2）で被覆されている。この出願の発明の補強溶接方法では、図4で示した従来の溶接方法とは逆に、水平附加物（B）の上側（8）を溶接した後、溶接線（3）の矢印で示すように、附加物の側面（6）に沿って下向きに直線状に溶接し、溶接線（3）が附加物の下側端部（5）に達した後下側（4）を補強溶接する。

すなわち、この出願の発明の溶接方法によれば、従来の溶接法のように溶接を下側から始め溶接線を鉄道のスイッチバックの様に左右に振りながら上昇させて順次溶接材を積み上げるようにして溶接する方法ではなく、上方から下方に向けて一直線に溶接するため低変態温度溶接材料に対する熱履歴がなく、溶接割れを

防止することができる。

しかも低変態温度溶接材料を使用しているので溶接部近傍に誘起される圧縮残留応力の効果で疲労強度の向上が実現される。

たとえば実際に、垂直構造物（A）としてJIS：SM 570Q鋼、水平附加構造物（B）としてこれと同じものを用い、溶接材料JIS：YGW21を用いて溶接した場合のものに、この出願の発明によって、補強溶接部材として、その組成（wt%）が、C：0.025，Si：0.32，Mn：0.70，Ni：10.0，Cr：10.0，Mo：0.13，残部Feのものを用いて補強溶接を行った。

補強溶接では、溶接電圧28V、溶接電流180～200A、溶接速度50～60cm/minであり、アルゴンガス80%および炭酸ガス20%のものをシールドガスとして25l/minで供給してのアーーク溶接を行った。

この結果、補強溶接前の疲労限は40MPaであったものが、補強溶接後には85MPaとなった。

一方、前記の従来方法で行った場合には、割れが生じてしまった。

もちろん以上の例ではシールドガスを用いてのアーーク溶接について説明したが、シールドガスを用いない被覆アーーク溶接の場合にもこの出願の方法によってほぼ同様の効果が確認されている。

なお、以上の説明においては「上側」「下側」の表現がなされているが、これは溶接構造を図1および図3のように垂直構造物（A）に対して水平附加構造物（B）が溶接されている場合と仮定しての規定である。

従って、この図1及び図3の構造が全体として回転して配置されている溶接構造や、さらには水平附加構造物（B）が直交せずに傾斜して溶接されている構造についても図1及び図3の配置のように考えることでこの出願の発明が適用されうことは言うまでもない。

産業上の利用可能性

低変態温度溶接材料を使用するアーーク溶接方法においては、溶接疲労強度とともにシャルピー値を高くすることが可能になる。

また、高い溶接強度を必要とする溶接構造物の補強溶接において、疲労強度が向上するとともに溶接割れの発生を防止した補強溶接方法が提供される。

請求の範囲

1. 低変態温度溶接材料を使用する溶接法であって、シールドガスとして希ガスのみを使用してアーク溶接することを特徴とする溶接方法。
2. 低変態温度溶接材料を使用する溶接法であって、シールドガスとして希ガスと酸素ガスの混合ガスを使用してアーク溶接することを特徴とする溶接方法。
3. 酸素ガスが体積比で8%以下であることを特徴とする請求項2の溶接方法。
4. TIG溶接法であることを特徴とする請求項1ないし3いずれかの溶接方法。
5. 低変態温度溶接材料を使用する溶接方法であって、低変態温度溶接材料に溶接温度による熱履歴を回避しながら補強溶接することを特徴とする溶接方法。
6. 低変態温度溶接材料を使用する溶接方法であって、水平附加構造物の端部の溶接止端部の上側から側面を経由して下側を補強溶接することを特徴とする請求項5の溶接方法。
7. 溶接線が直線状になるように移動させながら補強溶接することを特徴とする請求項5または6の溶接方法。
8. 低変態温度溶接材料を使用するアーク溶接であることを特徴とする請求項5ないし7のいずれかの溶接方法。
9. シールドガスとして希ガスのみを使用することを特徴とする請求項8の溶接方法。
10. シールドガスとして希ガスと酸素ガスの混合ガスを使用することを特徴とする請求項8の溶接方法。
11. 酸素ガスの体積比が8%以下であることを特徴とする請求項10の溶接方法。

図 1

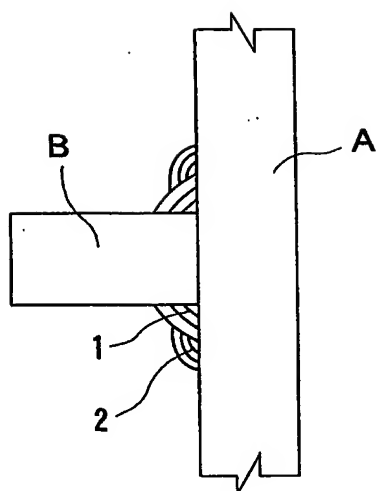


図 2

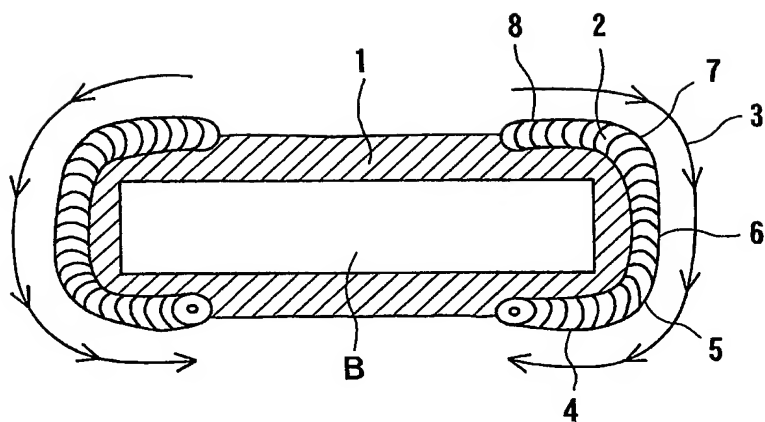


図 3

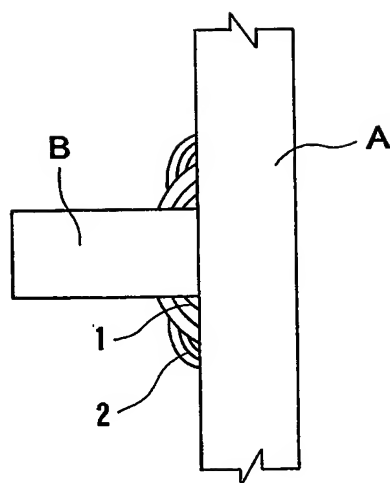


図 4

